

Monitoring of a reverse osmosis operation**Publication number:** DE19818692**Publication date:** 1999-07-08**Inventor:** SCHAEEL WILFRIED DR ING (DE)**Applicant:** SCHAEEL WILFRIED (DE)**Classification:****- international:** B01D61/12; C02F1/44; B01D61/02; C02F1/44; (IPC1-7): B01D61/12**- European:** B01D61/12**Application number:** DE19981018692 19980425**Priority number(s):** DE19981018692 19980425[Report a data error here](#)**Abstract of DE19818692**

Water is supplied to the reverse osmosis cell (30) through line (24). Product is removed through line (34) and concentrate (raw water with added retentate) leaves through line (50). The control monitors are divided into two sets in different locations - conductivity sensors (10,38), temperature sensors (11,39) and flow-meters (12,68). A comparison of the signals from these sets is used to control the process through a valve group (100) with additional valves (57,58). The output rate is determined by comparing the flow of raw water (at 12) with the flow of concentrate (at 68). The permeability of the membrane is temperature dependent and a compromise between flow-rate and quality must be made by comparing measurements from the sensor groups (10,38) for the raw water and (11,39) for the product. In emergency, raw water may have to be supplied directly as product. The quality is then measured at (38).

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



⑮ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Patentschrift**
⑩ **DE 198 18 692 C 1**

⑤① Int. Cl.⁶:
B 01 D 61/12

⑳ Aktenzeichen: 198 18 692.4-41
㉑ Anmeldetag: 25. 4. 98
㉒ Offenlegungstag: –
㉓ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 8. 7. 99

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦③ **Patentinhaber:**
Schäl, Wilfried, Dr.-Ing., 61350 Bad Homburg, DE

⑦② **Erfinder:**
gleich Patentinhaber

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:
DE 1 95 20 914 C1

⑤④ **Verfahren zur meßtechnischen Überwachung einer Umkehrosmoseanlage**

⑤⑦ Bei dem Verfahren zur meßtechnischen Überwachung einer Umkehrosmoseanlage werden Sensoren für Temperatur- und Analysewerte von Rohwasser und Permeat sowie Durchflußsensoren für Rohwasser und Konzentrat durch Ventilumschaltungen zeitweilig gleichen Bedingungen ausgesetzt bzw. von gleichem Volumina durchströmt. Die dabei ermittelten Meßwerte werden auf Übereinstimmung geprüft. Abweichungen, die innerhalb vorgegebener Toleranzen liegen, können im Zusammenhang mit dem Vergleichsvorgang durch Anpassung der Kalibrierungsgrößen kompensiert werden. Die auf diese Weise abgesicherten und ggf. korrigierten Meßwerte werden zur Bestimmung der Rückhalterate und der Ausbeute herangezogen. Aufgrund der unter Anwendung der gleichen Ventilumschaltungen gemessenen Werte des Permeat-Gesamtflusses und des Konzentrat-Gesamtflusses wird unter Berücksichtigung des Temperatureinflusses auf die Wasserdurchlässigkeit der Umkehrosmosemembran die Einhaltung einer optimalen Einstellung der Betriebsverhältnisse des Filtermoduls überwacht.

DE 198 18 692 C 1

DE 198 18 692 C 1

Die Erfindung bezieht sich auf Verfahren zur meßtechnischen Überwachung einer Umkehrosmoseanlage nach dem Oberbegriff des Hauptanspruches. Unter anderem werden solche Anlagen in Verbindung mit Hämodialysegeräten eingesetzt, um aus Leitungswasser ausreichend reines, möglichst keimfreies Wasser zur Herstellung der Dialysierflüssigkeit zu gewinnen.

Das Funktionsprinzip von Umkehrosmoseanlagen besteht bekanntlich darin, daß das zu reinigende Wasser in einem Filtermodul unter hohem Druck an der Oberfläche einer semipermeablen Membran entlanggeführt wird, wobei ein Teil des Wassers, das sogenannte Permeat, durch die Membran tritt und auf der anderen Seite der Membran gesammelt und den Verbrauchsstellen zugeführt wird. Der nicht durch die Membran tretende, mit zurückgehaltenen Stoffen angereicherte Teil des Rohwassers, das sogenannte Konzentrat, fließt am Ende der Strömungsstrecke des Primärtraumes aus dem Membranmodul aus.

Eine Kenngröße für die Wirksamkeit des Verfahrens ist die sogenannte Rückhalterate. Sie bezeichnet den prozentualen Anteil der gelösten Substanz, der auf der Primärseite der Membran verbleibt und mit dem Konzentrat abgeführt wird. Für gelöste Salze liegt die Rückhalterate r typischerweise in der Größenordnung von 98–99 Prozent. Mit zunehmendem Molekulargewicht der gelösten Substanz nähert sie sich asymptotisch dem Grenzwert von 1.

Die erforderliche Rückhalterate bestimmt sich aus den zulässigen Fremdstoffkonzentrationen C_p des zu produzierenden Reinwassers und den Fremdstoffkonzentrationen C_w des verfügbaren Rohwassers. Kritisch ist dabei diejenige Substanz, für die das Verhältnis $C_{wi} \cdot (1 - r_i) / C_{pi}$ am höchsten ist. Die Anlage muß so eingestellt werden, daß das genannte Verhältnis < 1 bleibt.

Die Rückhalterate ist primär von den Eigenschaften der Membran abhängig, wird aber in hohem Maße von der Betriebsweise der Anlage beeinflusst. Von Bedeutung ist hierfür u. a. das eingestellte Verhältnis zwischen Permeatabfluß und Rohwasserzufluß der Membranmodule, die sogenannten Modul-Ausbeute. Zu berücksichtigen ist ferner, daß Umkehrosmoseanlagen in der Regel mit partieller Rückführung von Konzentrat auf die Rohwasserseite betrieben werden, was eine Erhöhung der effektiven Ausbeute der Anlage, aber auch eine entsprechende Verminderung der effektiven Rückhalterate zur Folge hat.

Darüber hinaus werden Umkehrosmoseanlagen häufig mit partieller Permeatrückführung betrieben. Die Rückführung von überschüssig erzeugtem Permeat ist insbesondere sinnvoll bei Teillastbetrieb der Anlage oder generell bei stark schwankendem Reinwasserbedarf. Sie führt tendenziell zu einer Erhöhung der effektiven Rückhalterate, so daß die diesbezüglich nachteilige Wirkung der Konzentratrückführung mehr oder weniger kompensiert werden kann.

Bei der Einstellung einer möglichst hohen Ausbeute müssen Betriebszustände vermieden werden, die eine rasche Degeneration der Umkehrosmosemembran zur Folge hätten. Durch überhöhte Konzentrationen schwerlöslicher Substanzen auf der Primärseite der Membran entstehen Ablagerungen, die zu einer Art "Verstopfung" des Filtermoduls führen, so daß das Modul vorzeitig unbrauchbar wird. Um solche Schäden zu vermeiden, sollte das Verhältnis von Permeatfluß und Konzentratfluß bestimmte Grenzen, die von der Qualität des Rohwassers und der durch Permeat- und Konzentratrückführung eingestellten Ausbeute abhängen, nicht überschreiten. Eine wichtige Rolle spielt hierbei auch die hohe Temperaturabhängigkeit der Wasserdurchlässigkeit der Membran, die bei Temperaturänderungen zu erheblichen

Veränderungen des Verhältnisses von Permeatfluß und Konzentratfluß führen kann.

Die Forderungen nach einer ausreichend hohen Rückhalterate, einer möglichst hohen Ausbeute und nach einem modulschonenden Betrieb bedingen einen Kompromiß hinsichtlich der Einstellung der Anlage. Darüber hinaus muß aus Sicherheitsgründen ständig oder in gewissen Zeitabständen geprüft werden, ob die Einstellung selbst und die ihr zugrundeliegenden Voraussetzungen konstant geblieben sind, oder ob veränderte äußere Bedingungen oder der allmähliche Verschleiß von Anlagekomponenten, z. B. eine Veränderung der Membraneigenschaften, eine selbsttätige Korrektur (im Sinne einer selbsttätigen Regelung) oder ein äußeres Eingreifen (manuelle Korrektur) erfordern.

Zu diesen Zwecken sollte eine Umkehrosmoseanlage mit Meßeinrichtungen für die Größen ausgestattet sein, die für die angegebenen Zusammenhänge maßgebend sind. Durch eine intelligente Auswertung, die wegen der Komplexität der Zusammenhänge zweckmäßigerweise über einen Mikroprozessor erfolgt, können dann die für die Korrekturmaßnahmen notwendigen Informationen zur Verfügung gestellt werden.

Die Funktion eines solchen Systems ist jedoch davon abhängig, daß die benutzten Meßeinrichtungen ihrerseits korrekt arbeiten.

Der Erfindung lag die Aufgabe zugrunde, eine Umkehrosmoseanlage mit einer für die genannten Überwachungsaufgaben geeigneten Kombination von Meßeinrichtungen auszustatten und die Funktion der Meßeinrichtungen durch eine periodische Prüfung abzusichern.

Diese Aufgabe wird durch die im kennzeichnenden Teil der Ansprüche genannten Merkmale gelöst. Weitere Eigenschaften und Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung anhand eines Ausführungsbeispiels.

In den zugehörigen Abbildungen zeigt

Fig. 1 das Schema eines Ausführungsbeispiels einer Umkehrosmoseanlage mit Ausstattungsmerkmalen entsprechend der Erfindung.

Fig. 2 und **3** unterscheiden sich von **Fig. 1** nur dadurch, daß die Strömungswege, die bei bestimmten Meß- und Abgleichfunktionen benutzt werden, besonders hervorgehoben sind.

Die Schemata **Fig. 1–3** dienen der Erläuterung der Funktionsweise. Technische Einzelheiten, die dem Fachmann geläufig sind, können in verschiedener Weise abgewandelt werden. Dies betrifft z. B. den Verzicht auf bestimmte Komponenten und den möglichen Ersatz von Teilen des Systems durch funktionell gleichwertige Einrichtungen sowie die Auswahl der Bauteile und die hieraus gegebenenfalls abzuleitenden technischen Maßnahmen.

Bei der Umkehrosmoseanlage gemäß dem Schema **Fig. 1** fließt im normalen Betrieb das aufzubereitende Rohwasser über die geöffneten Ventile **1** und **5** und die Leitung **8**, in die der Leitfähigkeitssensor **10**, der Temperatursensor **11** und der Durchflusssensor **12** eingefügt sind, in den Pufferbehälter **16**. Aus dem Behälter **16** wird das Wasser über die Pumpe **20** und eine optional vorhandene Drossel **24**, die der Einstellung der Fördercharakteristik dienen kann, in das Umkehrosmosefilter **30** gefördert. Aus dem Sekundärraum des Filters **30** fließt das Permeat über das Rückschlagventil **32** und die Leitung **34** zu der Abzweigung zwischen den Ventilen **3** und **4** und über das geöffnete Ventil **4** in die Verbraucherleitung **40**. Überschüssig erzeugtes Permeat kann über ein Druckhalteventil **46** in den Behälter **16** zurückfließen, wobei die Einstellung dieses Ventils den in der Verbraucherleitung herrschenden Druck bestimmt, der mit dem Drucksensor **80** gemessen wird. Das zurückzuleitende überschüssige Per-

meat gelangt über die Leitung 48 zu der Verbindungsleitung zwischen den Ventilen 2 und 3 und von dort über das geöffnete Ventil 6 in den Behälter 16.

Der Leitfähigkeitssensor 38 und der Temperatursensor 39 für das Permeat sind in die Abzweigung zwischen den Ventilen 3 und 4 eingefügt, in die die Permeatleitung 34 einmündet. Für die weiter unten beschriebenen Zwecke könnten diese Sensoren an sich an beliebiger Stelle in die Permeatleitung 34 eingefügt werden. Der Einbau in die Einmündungsstelle der Leitung 34 in die Verbindungsleitung zwischen den Ventilen 3 und 4 ist jedoch bevorzugt, weil eine Nutzungsmöglichkeit der aus den Ventilen 1–6 bestehenden Ventilgruppe 100 darin besteht, bei einem Funktionsausfall wichtiger Komponenten der Umkehrosmoseanlage eine Notversorgung zu gewährleisten, indem Rohwasser über die geöffneten Ventile 1, 2, 3, und 4 in die Verbraucherleitung 40 eingespeist wird. Durch die gewählte Position der Sensoren 38 und 39 besteht dann weiterhin die Möglichkeit, die Leitfähigkeit bzw. die Analysewerte des zugeführten Wassers zu überwachen.

Für den Fall, daß mehrere Verbraucher in größerer Entfernung von der Umkehrosmoseanlage gespeist werden sollen, ist der Anschluß einer Ringleitung 42 vorgesehen. In diesem Falle wird das überschüssige Permeat nicht bereits innerhalb der Anlage in die Permeat-Rückführungsleitung 44 abgegeben, sondern es fließt vom Ende der Ringleitung 42 über das Druckhalteventil 46 auf dem schon beschriebenen Weg in den Behälter 16 zurück.

Der für die Filtration notwendige Druck im Filtermodul 30 wird durch die Pumpe 20 in Verbindung mit einem in die Konzentratsleitung 50 stromabwärts vom Filtermodul eingefügten Strömungswiderstand 52, z. B. in Form einer Drossel oder eines Druckhalteventils, hergestellt. Ein Teil des Konzentrats kann über die Abflußleitung 66, in die ein Strömungswiderstand 58 und ein Durchflußsensor 68 eingefügt sind, aus der Anlage abfließen. Ein anderer Teil wird über die Rückführungsleitung 55 mit eingefügtem Strömungswiderstand 57 in den Behälter 16 zurückgeleitet.

Das Verhältnis der Strömungswiderstände 57 und 58 ist maßgebend für das Verhältnis von abgeleitetem und rückgeführtem Konzentrat. Im gezeigten Beispiel ist 57 als federbelastetes Rückschlagventil und 58 als Magnetventil dargestellt. Durch Öffnen/Schließen des Magnetventils kann in diesem Falle zeitweise das gesamte Konzentrat in den Abfluß geleitet oder in den Behälter 16 zurückgeführt werden.

Der Durchflußsensor 68 erfaßt das von der Anlage abfließende Konzentratvolumen, während der Durchflußsensor 12 das zufließende Rohwasservolumen erfaßt. Durch Differenzbildung ergibt sich hieraus das von der Anlage in die Verbraucherleitung abgegebene Permeatvolumen. Aus dem Permeatvolumen und dem Rohwasservolumen wiederum ergibt sich die erzielte Ausbeute. Die Richtigkeit dieser Volumenbilanzierung setzt voraus, daß am Anfang und am Ende der Bilanzierungsperiode im Behälter 16 der gleiche Füllstand vorliegt. Dies kann z. B. durch eine automatische Füllstandsregelung (in Fig. 2 nicht gezeigt) erreicht werden oder dadurch, daß der jeweilige Füllstand mittels Füllstandssensoren 70, 72 geprüft wird.

Bei unzureichender Qualität des Permeats, z. B. wegen einer zu geringen Rückhalterate, soll die Verbraucherleitung gesperrt werden. Zu diesem Zweck wird das Ventil 4 geschlossen und das Ventil 3 geöffnet, so daß das Permeat über das Ventil 6 vollständig in den Pufferbehälter zurückfließt. Diese Umschaltung ist insbesondere beim Anfahren der Anlage nach längerem Stillstand zweckmäßig, da in den Stillstandszeiten durch Diffusion eine erhöhte Menge gelöster Substanzen auf die Sekundärseite der Umkehrosmosemembran übertritt.

Der folgende Teil der Beschreibung bezieht sich auf Meß- und Abgleichvorgänge, denen für die Erfindung besondere Bedeutung beigemessen wird, nämlich:

- (A) gegenseitige Überprüfung der Leitfähigkeits- bzw. Analysesensoren 10 und 30 und Temperatursensoren 11 und 39,
- (B) gegenseitige Überprüfung der Durchflußsensoren 12 und 68,
- (C) Messung des Gesamt-Permeatflusses,
- (D) Bestimmung der Förderleistung der Pumpe 20 und des Konzentrat-Permeat-Durchflußverhältnisses der Umkehrosmose-Module 30 zur Überprüfung der Konzentratdruck-Einstellung (Ventil/Drossel 52) und der Einstellung der Fördercharakteristik (Ventil/Drossel 24).

Zu (A) – Fig. 2:

Das vom Umkehrosmosefilter kommende Permeat wird über den Leitfähigkeitssensor 38 und den Temperatursensor 39, über die geöffneten Ventile 3, 4 und 5 der Ventilgruppe 100 und über den Rohwasser-Leitfähigkeitssensor 10, den Rohwasser-Temperatursensor 11 sowie den Rohwasser-Durchflußmesser 12 in den Pufferbehälter 16 geleitet. Da beide Leitfähigkeits- und Temperatursensoren von dem gleichen Medium durchströmt werden, müssen sie gleiche Meßsignale liefern. Wenn diese Übereinstimmung durch einen Vergleich bestätigt wird, kann mit hoher Wahrscheinlichkeit davon ausgegangen werden, daß beide Sensorpaare intakt sind. Damit ist auch sichergestellt, daß die von den Sensorsignalen abgeleiteten Informationen korrekt sind.

Geringe Abweichungen, die innerhalb vorgegebener Toleranzen liegen, können im Zusammenhang mit dem Vergleichsvorgang durch Anpassung der Kalibrierungsgrößen oder Skalierungsfaktoren kompensiert werden, die bei der Auswertung der Sensorsignale und ihrer Umrechnung in die entsprechenden Meßwerte angewendet werden (gegenseitiger Abgleich der Sensoren). Eine derartige Anpassung ist in einem mikroprozessorgesteuerten System leicht durchführbar und liefert eine erhöhte Genauigkeit der durch Quotienten- oder Differenzbildung aus den Sensorsignalen abgeleiteten Sekundärgrößen.

Zu (B) – Fig. 3:

Das Rohwasser fließt wie im normalen Betrieb der Anlage über die Ventile 1 und 5 der Ventilgruppe 100 und über den Leitfähigkeitssensor 10, den Temperatursensor 11 und den Durchflußsensor 12 in den Pufferbehälter 16. Das Permeat vom Filtermodul 30 wird über die geöffneten Ventile 3 und 6 vollständig in den Pufferbehälter 16 zurückgeleitet. Das Konzentrat fließt durch das geöffnete Ventil 58 und den Konzentrat-Durchflußmesser 68 vollständig in den Abfluß. Wegen der vollständigen Rückführung des Permeats müssen der Wasserzufluß und der Konzentratabfluß übereinstimmen und somit die Durchflußsensoren 12 und 68 gleiche Meßsignale liefern. Wenn diese Übereinstimmung durch einen Vergleich bestätigt wird, kann mit hoher Wahrscheinlichkeit davon ausgegangen werden, daß beide Sensoren intakt sind. Damit ist auch sichergestellt, daß die Bestimmung der Ausbeute, die auf den Meßsignalen dieser Sensoren basiert, korrekt ist. Auch für die Durchflußsensoren ist ein Toleranzausgleich durch Anpassung der Kalibrierungsgrößen oder Skalierungsfaktoren vorteilhaft.

Die Richtigkeit der Bilanzierung von Zu- und Abfluß gemäß Fig. 3 setzt voraus, daß im Behälter 16 ein konstanter

Füllstand aufrechterhalten wird, was durch eine automatische Füllstandsregelung (in Fig. 1–3 nicht gezeigt) erreicht werden kann. Gleichwertig ist eine Volumenbilanzierung in der Weise, daß am Anfang und am Ende der Bilanzierungsperiode der jeweilige Füllstand mittels Füllstandssensoren 70, 72 geprüft wird, wobei gegebenenfalls eine Füllstandsänderung im Behälter 16, die einer bestimmten Volumenänderung entspricht, in die Bilanz einzubeziehen ist.

Zu (C) – Fig. 2:

Da bei der in Fig. 2 gezeigten Ventilschaltung das gesamte Permeat über den Rohwasser-Durchflußsensor fließt, wird der Permeat-Gesamtfluß erfaßt, zu dessen Messung sonst ein separater Durchflußsensor erforderlich wäre. Diese Messung liefert Informationen über die Wasserdurchlässigkeit der Umkehrosmosemembran und damit über Alterungszustand und Leistungsreserven der Filtermodule, wenn gleichzeitig die Permeattemperatur T (Sensoren 11, 38) und die Druckdifferenz p_{diff} zwischen Primär- und Sekundärseite der Membran (Drucksensoren 80, 82) bestimmt werden.

Anmerkung: Für den gemessenen Permeatfluß q_p gilt die Beziehung $q_p = q_{p0} \cdot p_{\text{diff}}/p_{\text{diff}0} \cdot f(T, T_0)$, wobei $p_{\text{diff}0}$ und T_0 Bezugswerte der Druckdifferenz bzw. der Temperatur darstellen und $f(T, T_0)$ eine bekannte Exponentialfunktion der Form $f(T, T_0) = \exp[A \times (1/T_0 - 1/T)]$ ist. Dieser Zusammenhang erlaubt die Berechnung eines auf Standardbedingungen ($p_{\text{diff}0}$, T_0) umgerechneten und damit von Druck- und Temperatureinflüssen bereinigten Standard-Permeat-Gesamtflusses q_{p0} .

Die Durchlässigkeit der Umkehrosmosemembran (und damit der auf Standardbedingungen bezogene Permeatfluß) nimmt im allgemeinen mit zunehmender Gebrauchsdauer ab, verursacht durch physiko-chemische Veränderungen der Membranoberfläche, insbesondere Ein- und Anlagerung unlöslicher Substanzen. Die beschriebene Messung und Auswertung läßt erkennen, ob noch eine ausreichende Leistungsreserve vorhanden oder eine Regeneration oder ein Austausch der Membranen erforderlich ist, darüber hinaus, ob vorbeugende Maßnahmen, wie eine geeignetere Vorbehandlung des Rohwassers oder eine Reduzierung der Ausbeute-Einstellung, in Betracht gezogen werden sollten.

Zu (D) – Fig. 2 und 3:

Wenn gemäß Fig. 3 das Ventil 58 geöffnet ist, kann der Konzentrat-Gesamtfluß (Konzentrat-Durchflußsensor 68) gemessen werden. Das aus den Meßwerten gebildete Verhältnis von Konzentrat- und Permeatfluß sollte einen gewissen Mindestwert nicht unterschreiten, um (abhängig von der Qualität des zugeführten Wassers) Ausfällungen und Ablagerungen an der Membranoberfläche und damit ein vorzeitiges "Verstopfen" der Membran möglichst zu vermeiden. Andererseits kann ein zu hoher Konzentratfluß zu einer mechanischen Schädigung der Module führen. In diesem Zusammenhang spielt eine wesentliche Rolle, daß die Wasserdurchlässigkeit der Membran stark temperaturabhängig ist (Größenordnung +3%/K), so daß zur korrekten Beurteilung eine gleichzeitige Messung der Temperatur notwendig ist, die mit dem Sensor 39 erfolgt.

Die Förderleistung der Pumpe 20 ergibt sich als Summe aus den Meßwerten des Permeat- und des Konzentrat-Gesamtflusses. Bei einer "weichen" Charakteristik der Pumpe in dem Sinne, daß ihr Förderstrom schon bei geringer Absenkung/Erhöhung des äußeren Strömungswiderstandes erheblich zunimmt/abnimmt, führt eine Temperaturzunahme im Filtermodul aufgrund der stark zunehmenden Wasser-

durchlässigkeit der Membran zu einer Erhöhung des Förderstromes und gleichzeitig zu einer Verschiebung des Verhältnisses von Konzentrat- und Permeatfluß zugunsten des Permeatflusses.

- 5 Eine Optimierung unter Berücksichtigung der aktuellen Betriebsverhältnisse ist durch Verändern der Einstellung der Drossel 52 und/oder der Drossel 24 möglich.

Wenn die Auswertung der genannten Meßinformationen zu dem Ergebnis führt, daß eine Korrektur notwendig ist, kann z. B. auf einer Anzeigevorrichtung eine entsprechende Aufforderung ausgegeben werden, mittels der Drossel 52 den Konzentratdruck, der mit dem Drucksensor 82 erfaßt wird, oder das Verhältnis von Konzentrat- und Permeatfluß auf einen empfohlenen neuen Wert einzustellen. Entsprechendes gilt für eine Einstellung des Förderstromes der Pumpe 20 mittels der Drossel 24. Alternativ kommt in Betracht, diese Einstellungen selbsttätig über Stellmotoren vorzunehmen.

Während der Dauer der unter (A)–(D) beschriebenen Meß- und Abgleichvorgänge gemäß Fig. 2 und 3 ist der normale Betrieb der Anlage, d. h. die Lieferung von Permeat an die angeschlossenen Verbraucher, unterbrochen, mit Ausnahme der Messung des Konzentrat-Gesamtflusses, die jederzeit während des normalen Betriebes möglich ist, indem das Ventil 58 geöffnet wird. Daß nicht alle Meßwerte jederzeit neu bestimmt werden können, erschwert die Anwendung der angegebenen Einrichtungen und Verfahren jedoch dann nicht, wenn kein Dauerbetrieb der Anlage gefordert ist. Es genügt im allgemeinen, diese Meß- und Abgleichvorgänge in gewissen Zeitabständen vorzunehmen, z. B. einmal bei jeder täglichen Inbetriebnahme. Die Temperatureinflüsse, die bei den beschriebenen Vorgängen eine Rolle spielen, sind hinreichend genau bekannt, so daß sie aufgrund der jederzeit verfügbaren Temperaturmessungen rechnerisch berücksichtigt werden können.

Die erfindungsgemäß vorgesehene Kombination von Meßeinrichtungen an einer Umkehrosmoseanlage und das Verfahren, diese Meßeinrichtungen mittels einer Umschaltvorrichtung mehrfach zu nutzen und gegeneinander abzugleichen, erlauben, alle für die Wasserqualität und für den wirtschaftlichen Betrieb wesentlichen Aspekte (Rückhalterate, Ausbeute, modulschonende Einstellung) mit relativ geringem Aufwand und hoher Zuverlässigkeit meßtechnisch zu erfassen und zu überwachen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur meßtechnischen Überwachung einer Umkehrosmoseanlage mit Zuführung des Rohwassers in einen Pufferbehälter (16), der der im wesentlichen aus der Pumpe (16) und dem Filtermodul (30) bestehenden eigentlichen Umkehrosmoseeinheit vorgeschaltet ist, sowie mit Sensoren (10, 38 und 11, 39) zur Messung von Temperatur und Analysewerten des Rohwassers und des Permeats, **dadurch gekennzeichnet**, daß durch Umschalten einer Ventilanordnung (100) diese Sensoren demselben Medium ausgesetzt und die aus den Sensorsignalen abgeleiteten Meßwerte zur Kontrolle der Geräte miteinander verglichen werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß Durchflußsensoren für das Rohwasser und für das abfließende Konzentrat (12 bzw. 68) durch Umschalten von Ventilen (Ventilgruppe 100, Ventile 57, 58) von dem gleichen Flüssigkeitsvolumen durchströmt werden und die dem Flüssigkeitsvolumen entsprechenden Meßwerte zur Kontrolle der Geräte miteinander verglichen werden.

3. Verfahren nach einem der vorausgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß, bezogen auf paarweise gleichartige Meßgrößen Temperatur und/oder Analysewerte und/oder Durchfluß, die für die Umrechnung der Sensorsignale in entsprechende Meßwerte benutzten Kalibriergrößen durch gegenläufige Korrektur im Sinne eines Toleranzausgleiches so angepaßt werden, daß Übereinstimmung der Meßwerte erzielt wird. 5
4. Verfahren nach einem der vorausgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß im normalen Betrieb der Umkehrosmoseanlage die mittels der betreffenden Sensoren für das Rohwasser und das Permeat ermittelten Analysewerte zur Bestimmung der Rückhalterate genutzt werden. 10
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß eine Meldung ausgegeben wird, wenn die Rückhalterate einen vorgegebenen Grenzwert unterschreitet. 15
6. Verfahren nach einem der vorausgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß im normalen Betrieb der Umkehrosmoseanlage die mittels der Durchflußsensoren ermittelten Meßwerte der Durchflüsse zur Bestimmung der Ausbeute benutzt werden. 20
7. Verfahren nach einem der vorausgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß durch zeitweiliges Sperren des Permeatausganges zur Verbraucherleitung und Umleiten des Permeatflusses über den normalerweise zur Messung des Rohwasserzuflusses dienenden Durchflußsensor der Permeat-Gesamtfluß gemessen wird. 25 30
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der gemessene Permeat-Gesamtfluß unter Berücksichtigung der zur gleichen Zeit gemessenen Werte der Permeattemperatur und der Differenz von Konzentrat- und Permeatdruck auf einen Standard-Permeatgesamtfluß umgerechnet wird, der auf eine Standard-Permeattemperatur und eine Standard-Druckdifferenz bezogen ist. 35
9. Verfahren nach einem der vorausgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß durch Ableitung des gesamten Konzentrates über den Konzentrat-Durchflußmesser (68) der Konzentrat-Gesamtfluß gemessen wird. 40
10. Verfahren nach Anspruch 8 und 9, dadurch gekennzeichnet, daß während des normalen Betriebes der Umkehrosmoseanlage aus dem berechneten Standard-Permeatgesamtfluß und den aktuellen Meßwerten der Permeattemperatur sowie des Konzentrat- und des Permeatdruckes der aktuelle Permeat-Gesamtfluß berechnet wird. 45 50
11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß aus dem berechneten aktuellen Permeat-Gesamtfluß und dem gemessenen Konzentrat-Gesamtfluß die Pumpen-Förderleistung, entsprechend dem Zufluß von der Pumpe (20) zum Umkehrosmosefilter (30), und/oder das Verhältnis von Konzentrat-Gesamtfluß und Permeat-Gesamtfluß berechnet wird. 55
12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß eine Meldung ausgegeben wird, wenn die Pumpen-Förderleistung und/oder das Verhältnis von Konzentrat-Gesamtfluß und Permeat-Gesamtfluß außerhalb eines vorgegebenen Optimalbereiches liegt. 60

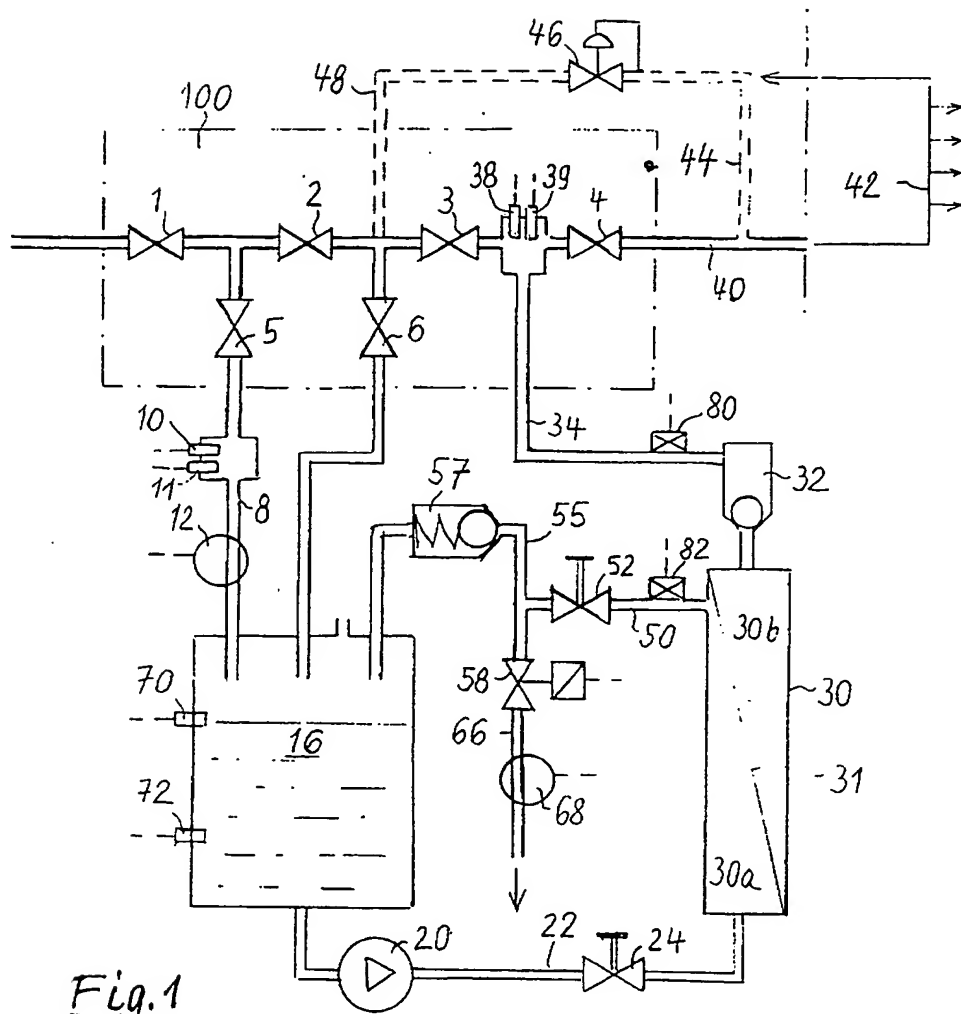


Fig. 1

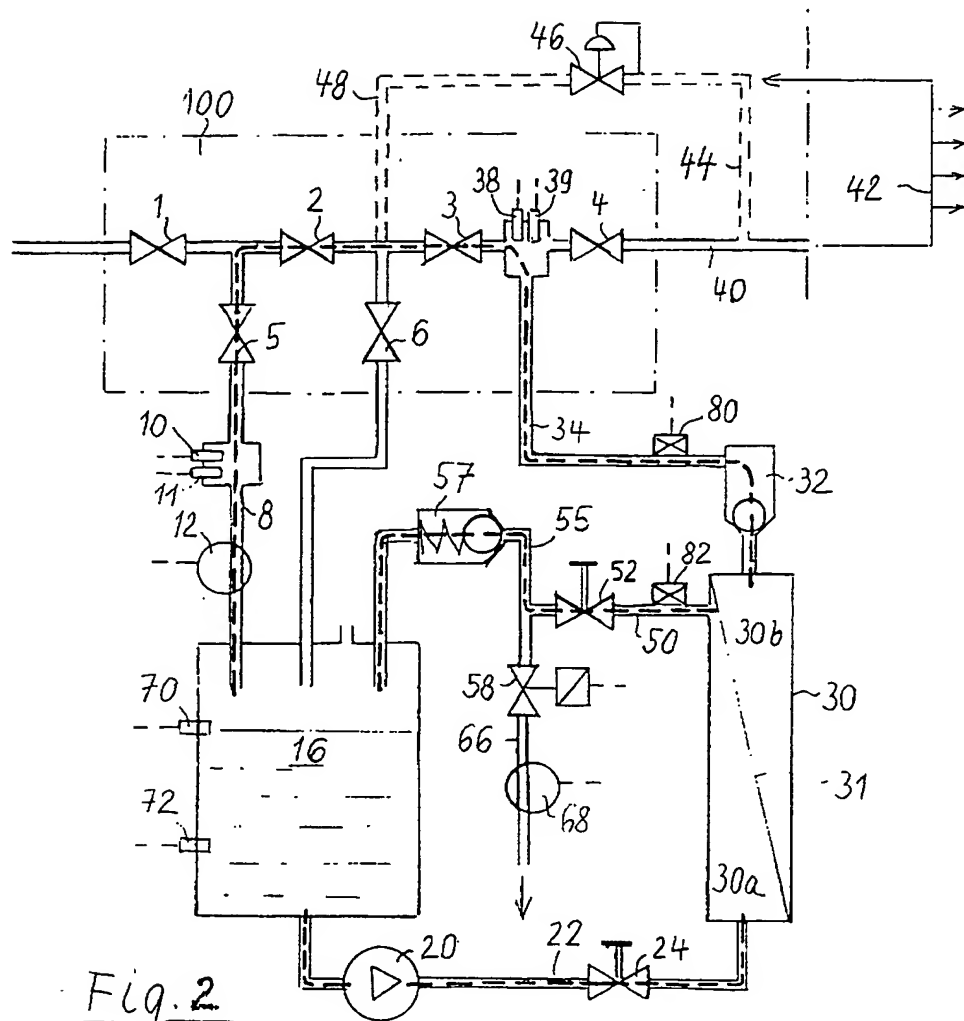


Fig. 2

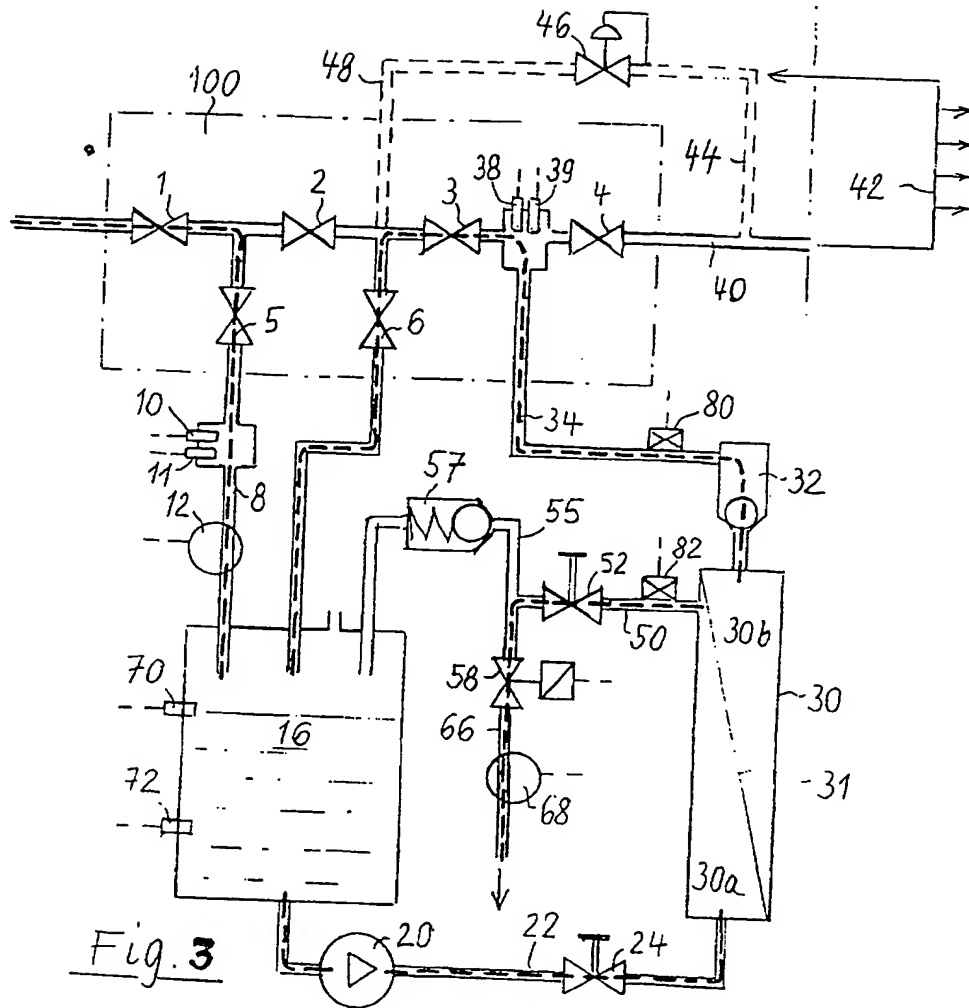


Fig. 3